

Übung 5: Komplexe Materialeigenschaften: Plastizität

Ziel der Übung:

- Betrachtung von elasto-plastischen Materialeigenschaften
- Simulation veränderlicher Kräfte sequentielle Lastschritte
- Berechnung von Strain-Hardening am Kragbalken

Teil I: Einführung: Plastizität & Strain Hardening (Kaltumformung)

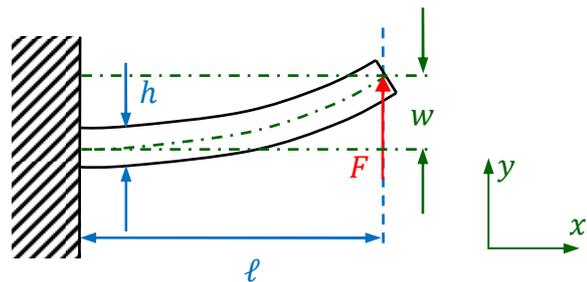
Spannungs-Dehnungs-Kurven, Nicht-lineares Verhalten, dehnbare und spröde Materialien...

Strain Hardening, Cold-Working, Cold Work-Yield Strength Kurven, ...

Siehe Übung und Handout...

Teil II: Modellbeschreibung

Wir betrachten einen einfachen Kragbalken mit elasto-plastischen Materialeigenschaften und einer oszillierenden, am Balkenende aufgeprägten Kraft F . Sämtliche relevanten geometrischen und materialspezifischen Angaben sind in folgender Tabelle zusammengefasst:



l	1.000 mm	Länge des Balkens
h	60 mm	Höhe des Balkens
t	20 mm	Tiefe/Breite/Dicke des Balkens
F_1	16.000 N	Kraft bei <i>Load Step 1</i>
F_2	-21.500 N	Kraft bei <i>Load Step 2</i>
F_3	0 N	Kraft bei <i>Load Step 3</i>
E	73.100 N/mm ²	E-Modul für Aluminium Al 2014-T6
ν	0,33	<i>Poisson Ratio</i> (Querkontraktionszahl)
E_t	7.310 N/mm ²	<i>Tangent Modulus</i> (Tangentenmodul)
σ_{yield}	414 N/mm ² $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	<i>Yield Strength</i> (Fließgrenze)

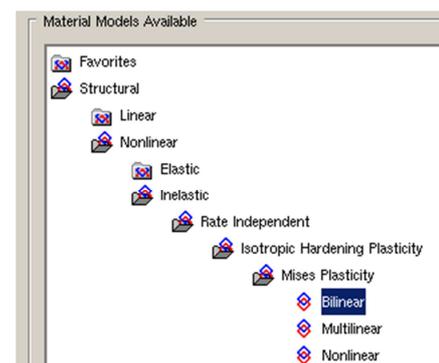
Teil III: Strain Hardening Simulation

Starte ANSYS Classical. Lade den APDL-Programm rumpf von der Homepage herunter und lege ihn in dein Arbeitsverzeichnis. Wir vervollständigen die Datei Schritt für Schritt. Die fehlenden Stellen sind mit „...“ markiert.

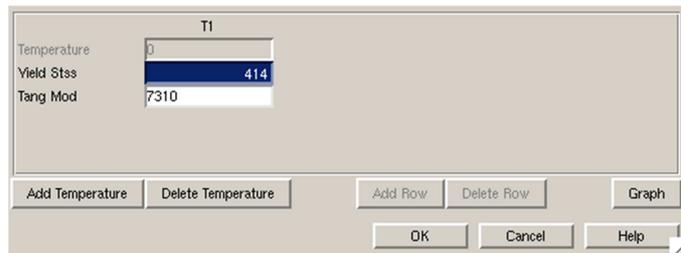
A.3.2 Define Material Properties:

Im ersten Schritt wollen wir die fehlenden Materialeigenschaften im Skript vervollständigen. Dazu verwenden wir wieder die GUI. Du kannst das Skript vorher bis zu der ersten auszufüllenden Stelle ausführen, indem du dort ein `/eof` setzt.

- Öffne das *Material Models* Fenster (rechts).
- Wähle die Option „bilineare Plastizität“, s. Bild.



Es öffnet sich folgendes Dialogfenster:



Benutze nun die *Help*-Schaltfläche um die passenden APDL-Befehle zur Definition des plastischen Verhaltens zu bekommen. Wie in der GUI müssen wir im APDL-Skript zuerst einen bilinearen Materialtyp und dann *Yield Stress* und *Tangent Modulus* angeben. Wir benötigen also zwei Befehle.

- Führe das erweiterte Skript aus und öffne das Fenster erneut. Die Werte sollten nun wie oben dargestellt angegeben sein.
- Plote die zugehörige Spannungs-Dehnungs-Kurve mit Hilfe der Graph-Schaltfläche.

A.4.2 Applying the Loads:

Die Kraft soll in drei Schritten unterschiedlich aufgeprägt werden. Um die richtigen Befehle zu finden, geh auf „*Preprocessor* → *Loads* → *Load Step Option*“. Wir benötigen hier Befehle um Load Step Dateien zu schreiben, später auch den Befehl zum Auslesen.

B. Solution:

Als nächstes suchen wir einen Befehl, der das FE-Modell für alle drei Load Steps löst. Das bisher benutzte *SOLVE* ist hier nicht geeignet. Such in „*Solution* → *Solve*“ nach einem passenden Befehl.

C. Postprocessor:

Vervollständige das Skript, um auch plastische Dehnungen anzeigen zu lassen. Lasse die Ergebnisse für alle Load Steps anzeigen. Benutze dazu die Funktion „*PlotCtrls* → *Capture Image*“ im Utility Menu (als APDL Befehl: */IMAGE,CAPTURE*) oder den Results Viewer unter „*General Postproc* → *Results Viewer*“ im Main Menu.

Aufgaben:

- a. Betrachte die gesamte Dehnung in x -Richtung (total mechanical strain) und vergleiche mit der elastischen und plastischen Dehnung. Notiere jeweils die Maximalwerte. Warum addieren diese sich nur im ersten Schritt auf?
- b. Warum ist der Balken am Ende eher nach oben gebogen, obwohl in Load Step 2 eine größere Kraft nach unten wirkt als in Load Step 1 nach oben? Füge einen weiteren Load Step zwischen erstem und zweitem ein, in dem die Kraft $F = 0$ angelegt wird.
- c. Überlege dir, warum es nach der Entlastung des Balkens weiterhin elastische Dehnungen gibt.
- d. Wo sind nach der Entlastung des Balkens elastischen Dehnungen und Spannungen konzentriert und warum?
- e. Wo, wann und warum tritt Strain Hardening auf?
- f. Wie groß dürfte die maximale Dehnung sein, sodass keine dauerhaften Verformungen auftreten. Berechne analytisch. Setze im Load Step1 die Kraft $F = 5500$ und überprüfe die Annahme.
- g. Zusatz: verändere die Geometrie und versuche, den Biegeversuch an der Büroklammer nachzustellen.